CI esectete tegos@gse edt most beildgus eten		
The quality of incomplete data Non-Destructive Evaluation and Computed Tomography images is improved by incorporating a priori information into the image reconstruction and image processing to supplement the available data. The a priori information is provided by electronic models of the part derived from a solid modeler, physics of the inspection process, and outputs of touch and other sensors. Methods of improving limited-angle X-ray CT images are given. Calculated projection data in the missing angular range is provided by calculating x-ray path lengths through a solid model of the part, and x-ray attenuation from known physical parameters of the part and source. The measured and calculated projection data are combined to reconstruct the CT image. In an iterative reconstruction approach, precise boundary information from a model and calculated attenuation are information to improve the limited angle image.		
Abstract		
97475, 🗀 <u>GB22220830,</u> 🗀 171235877, 🗀 JP2050779	<u> </u>	Equivalents:
#D' G06T11/00T	C01N53/04	EC Classification:
t: @06F15/42	C01/NS3/04	IPC Classification:
94232 19880516	31088612U	Priority Number(s):
94235 19880516 BEST AVAILABLE COPY	31088612U	Application Number:
<u> 70289</u>	DE391	Rednested Patent:
(au) SIRIC	GEN EFEC	Applicant(s):
D JEFFREY W (US); HEDENGREN KRISTINA H (US)	RBERHAR	Inventor(s):
	1990-04-24	Publication date:
670	<u> </u>	Patent Number:
Enhancement of ims quality by utilization of a priori information		

And the state of t



(5) Int. Cl. 4:

G 06F 15/62

C 03 B 45/00

DE 3915370 A1DE 3915370 A1

30,11,89

11. 5.89

E.07E 31 9E 9

] (U) an

(43) Offenlegungstag:

:getablamnA (()

(2) Aktenzeichen:

(ii) вомрезверивых(iii) вомрезверивых



DEUTSCHES TMATNATAR

(2) Erfinder:

Eberhard, Jeffrey Wayne; Hedengren, Kristina Helena Valborg, Schenectady, N.Y., US

(E) (E) (E) :181inoinganoinU (E) 2551461 2U 88.30.81

M Anmelder:

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

₩ Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000 Frankfurt

Werbesserung der Bildqualität durch Benutzung von a priori-Information

aus begrenztem Winkel zu verbessern. und bereichnete Schwächung sind Information, um das Bild tion, genaue Information über die Grenzen von einem Modell den kombiniert, um das Computertomographie-Bild zu re-konstruieren. Ein Herangehen über die iterative Rekonstrukle. Die gemessenen und errechneten Projektionsdaten werkannten physikalischen Parametern des Teiles und der Quelstes Modell des Teiles, die Röntgenschwächung aus beert durch Berechnen der Röntgen-Pfadlängen durch ein fe-Projektionsdaten im fehlenden Winkelbereich werden geliebildern mit begrenztem Winkel sind angegeben. Errechnete ren. Verfahren zum Verbessern von Röntgen-Tomographierens und der Anzeigen von Berührungs- und anderen Sensoierer abgeleitet aind, der Physik des Untersuchungsverfah-Modellen des Teiles geliefert, die von einem festen Modellganzen. Die Apriori-Information wird von elektronischen. verarbeitung verbessert, um die verlügbaren Daten zu er-Apriori-Information in die Bildrekonstruktion und die Bilddigen Daten beruhenden Bildern wird durch Einbeziehen von und der Computertomographie erhaltenen, auf unvollstän-Die Qualität von bei der zerstörungsfreien Untersuchung

Beschreibung

Grenze liefern. mation sowohl über das Innere als auch die äußere schen Modelles ist es, daß solche sesten Modelle Insor-Apriori-Information liefern. Ein Vorteil des elektroni-5 die Grenze von einem Berührungssensor, zusätzliche Teiles erhalten worden sind, wie die Information über Sensoranzeigen, 'die während 'der Untersuchung des und die Abbildungsmittelquelle: Drittens können andere ebenso wie die physikalischen Eigenschaften des Teiles

IR- und visuelle Inspektion, auf diese genannten Gebieschalluntersuchung, Wirbelstromuntersuchung sowie Röntgen-Abbildungen, digitale Radiographie, Ultraken und Modalitäten anwendbar, einschließlich auf Die Erfindung ist auf viele NDE-Abbildungstechni-

Abbildens unter Verwendung verbesserter Apriori-In- : Ein Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren des NDE-

20 einen verfügbaren Bereich und Erzeugen gemessener Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel über formation, umfassend die Stufen:

Schaffen ausgewählter physikalischer Eigenschaften des und Errechnen der relevanten Geometrie des Teiles und Schaffen eines dreidimensionalen Modells des Teiles Parameterdaten der Abbildung; ''

bereich, der wegen physikalischer oder betriebsmäßiger. ten der Abbildung über einen nicht verfügbaren Abtastgenschaften des Teiles und Errechnen der Parameterda-Kombinieren der Geometrie und der physikalischen Ei-

errechneten Bildparameterdaten. Bilden eines Bildes des Teiles aus den gemessenen und

40 Minkelbereich und das Erzeugen gemessener Projekeines Teiles mit Röntgenstrahlen über einen begrenzten tionsdaten ist ein Verlahren, umlassend das Abtasten Apriori-Information. Der Lösungsweg über die Projekmit begrenziem Winkel unter Verwendung genauerer 35 Qualität von Röntgen-Computertomographie-Bildern: sind drei Arten des Herangehens zur Verbesserung der Die bevorzugten Ausführungsformen der Erlindung

der Röntgenquelle; Imaging with Limited-Angle Input", K.С. Тат und V. 15 Dekannten physikalischen Parametern des Teiles und leitet ist und Errechnen der Röntgenschwächung aus von einem dreidimensionalen sesten Modellierer abge-Schallen eines elektronischen Modelles des Teils, das tionsdaten aus verfügbaren Betrachtungswinkeln;

trachtungswinkeln aus den Pfadlängen und der Schwä--Errechnen von Projektionsdaten an den fehlenden Be-

von dem die Pfadlängen errechnet werden. Modell zu einem zweidimensionalen Pixelbild umfaßt, des Umwandelns der Geometrieides Teiles vom testen Eine weitere Aufgabe ist die Schallung verbesserter 35 gen durch das elektronische Modell eine Zwischenstufe deres Merkmal ist es, daß die Berechnung der Pfadlän-. graphie-Rekonstruktionsalgorithmen ergeben. Ein aneinen vollständigen Datensatz für die Computertomonen und errechneten Projektionsdaten, die zusammen Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist das 50 Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den gemessecunua nuq

Abtasten des verfügbaren Bereiches begrenzten Win-:JGE1 Das Bild-Verarbeitungs- und -Analyseverfahren um-

kels mit Röntgenstrahlen und Rekonstruieren eines

gerade beschrieben; . . elektronische Modell und die Röntgenschwächung, wie Errechnen der Projektionsdaten des Modells bei einem Teilbildes aus gemessenen Projektionsdaten;

Rekonstruieren eines Teilbildes des Modells von Mo-

zerstörungsfreien Untersuchung. unvollständige Bilddaten im Zusammenhang mit der sonderen das Einbeziehen von Apriori-Information in chung erhaltenen Bildein, und sie betrifft mehr im beder Qualität von bei der zerstörungsfreien Untersu-Die Erlindung betrifft ein Verfahren zum Verbessern

Fehler zu finden. keit beschränken, das Teil richtig zu inspizieren und gen im allgemeinen ernste Artelakte, die die Möglichdas Ergebnis, und Bilder aus unvollständigen Daten zeivolle Messung zu gestatten. Unvollständige Daten sind gendes Eindringen der Röntgenstrahlen für eine sinn- 30 Beschränkungen nicht abgetastet werden kann und Röntgenstrahlen durch das Teil zu groß, um ein genüzontale Abtastung erfolgt, ist die Länge des Pfades der Abschnitt des Winkelbereiches; selbst wenn eine hori-Teiles, 12 die Abtastung zur Datensammlung über einen tor bei 10 und 11 gezeigt sind, behindern Abschnitte des 25 Teiles und möglichst der Abbildungsmittelquelle; ten. In Fig. 1, z.B, wo die Röntgenquelle und der Detekin einigen Richtungen oder an einigen Stellen zu gestat-Röntgenstrahlen zu sehr schwächen, um das Eindringen men werden können, in anderen Fällen mag das Teil derlichen Blickwinkeln um das Teil herum aufgenomsolchen Weise zu handhaben, daß Daten in allen criorwissen Fällen mag es unmöglich sein, ein Teil' in einer Röntgen-Computertomographie als ein Beispiel. In geist jedoch nicht immer verfügbar. Man betrachte die timmt. Ein vollständiger Satz für die Bildrekonstruktion 15 te ist die Erfindung jedoch nicht beschränkt. des l'esles und etwa darin vorhandener Fehler übereinsden sind, um ein Bild zu schaffen, das mit der Geometrie genügend räumliche und winkelmäßige Proben vorhanauf einem vollständigen Datensatz beruhen, wenn z.B. züglich eines Teiles werden erhalten, wenn die Bilder Gute Bildqualität und wesentliche Information be-

allgemeinen recht begrenzt. ist, und die Techniken zu ihrem Gebrauch waren im 582 – 592 (1981). Die Apriori-Information, die verfügbar Perez-Mendez, "J.Opt.Soc. Am.", Band 71, Seiten stalt (siehe US-PS 45,06 327) sowie "Tomographical der Pixel im Bild sowie Information über die Grobgepunkte) in einem Bild einschließen, den Maximalwert Das letztere mag die Nicht-Negativität der Pixel (Bilditerativen bzw. wiederholenden Weise einzubringen. ten sowie Versuche, gewisse'Teilinformation in einer über Fehler direkt aus dem Bild mit Artefakten zu erhalblem schließen Versuche ein, relevante Information, Frühere, Techniken zur Befassung mit diesem Pro-

ren gemessenen Daten. beitung zum Ergänzen der Information in den verfügba-Information in die Bildrekonstruktion sowie Bildverarwirksame Einbringen merklicher Mengen von Apriori-.

lesten Modelliersystemen erlangt hat. wie die genaue Kenntnis der Teilgeometrie, die man von 60 sind, indem man genauere Apriori-Information einführt, tuationen, in denen unvollständige Daten verfügbar genden abgekürzt "NDE-Bilder" genannt) in solchen Si-Bilder bei der zerstörungsfreien Untersuchung (im fol-

Geometrie des Untersüchungsverfahrens bekannt sionales Modell ergibt. Zweitens sind die Physik und Festmodellierer ausgewählt, der ein genaues dreidimen-CAD-elektronisches Modell eines Teiles; es wird ein 65 kompletten Satz von Betrachtungswinkeln durch das Computer unterstütztes Zeichnen erhaltenes bzw. tion, die benutzt werden können. Als erstes ein durch Es gibt verschiedene Quellen von Apriori-Informa-

ġ

wohl bei der Bildformation als auch bei der Bildverar-Algorithmus. Dann kann die Apriori-Information sowird, entweder von einer Bedienungsperson oder einem Grundlage dessen, was im endgültigen Bild gefunden Zurückweisungsentscheidungen gemacht auf der räume, im Metall aufweist. Es werden Annahme- und werden, um festzustellen, ob er Rostflecke oder Hohlstimmt. So kann z.B. ein Stahlgegenstand untersucht Eigenschaften seiner Fehler werden vom Endbild bebessern. Die Materialeigenschaften des Bildes und die rithmus benutzt, um die Qualität des Endbildes zu verke 19 bis 21, wird durch einen Bildverarbeitungs-Algoständigen Daten, z.B. Die Apriori-Information, die Blökschen enthalten oder Ariefakte aufgrund von unvoll-Zweck haben oder nicht. Das Zwischenbild könnte Raumag eine ausreichende Qualität für den beabsichtigten Physik des Untersuchungsverfahrens. Das Zwischenbild Abbildungsmittelquelle, abgeleitet von der Kenntnis der schen Parametern des Teiles und, wenn möglich, der dellen des Teiles oder von Sensoren und den physikaliund 18, der Kenntnis der Geometrie des Teiles von Momation wird aus zwei Quellen erhalten, den Blöcken 17 schenbild zu ergeben. Die erforderliche Apriori-Infor-

Für parallele Strahldaten ergibt eine Abtastung über mit vollständigen Daten würde aussehen wie in Fig. 3a. liegt. Ein rekonstruiertes Computertomographie-Bild graphie-Schnitt parallel zur Symmetrieachse des Teiles teil des Teiles zu schaffen, so daß der Computertomomographie, Scheiben bzw. -Schnitte durch jeden Wandtersuchungskonfiguration besteht darin, Computerto-Techniken schwer zu untersuchen ist. Die optimale Un-Struktur mit mehreren Wänden, die mit üblichen UDEobere Wand hinaus erstrecken. Dieses Teil hat eine Vorsprünge, die sich an fünf Stellen in dem Teil über die Iterieren bzw. Wiederholen, wie erforderlich, bis eine 30 dieser Schnitt geht durch eine der Naben bzw. einen der den Betätigungsring ist bei 22 in Fig. 3a gezeigt, und triebwerkes. Ein komplexer Vertikal-Querschnitt durch Betätigungsring für eine Auslabdüse eines Flugzeug-Röntgen-Computertomographie-Untersuchung ist ein Ein typisches großes interessierendes Teil für die beitung benutzt werden oder nur bei einem von beiden.

tion, die in der Blaupause eines ausgewählten Industrieprauch gemacht von praktisch der gesamten informa-Information über die Geometrie des Teiles. Es wird Gevon Apriori-Information sind in Fig. 2 gezeigt. Gemäß 65 festen Modellierer, ist eine ausgezeichnete Quelle für Teiles, das abgeleitet ist von einem dreidimensionalen Ein elektronisches CAD-Modell, ein festes Modell des her Qualität vergleichbar einem Bild mit vollständigen

Bild mit unvollständigen NDE-Daten ergibt ein Bild ho-

merklicher Mengen genauer Apriori-Information in das

Winkel. Die Verfahren der Erfindung zum Einbeziehen

len ist auf der Grundlage solcher Bilder aus begrenztem Qualität des Teiles außerordentlich schwer zu beurtei-

zen Bild Artefakte vorhanden sind. Es ist klar, dab die

tungen verlaufen, und es wurde festgestellt, daß im ganüber Wände, die parallel zu den sehlenden Datenrich-

sonders bemerkenswert ist das Fehlen von information

Röntgenstrahlen in der Längsrichtung ein Problem. Be-

genverhältnisses des Schnittes ist das Eindringen der

: breit und aufgrund des relativ großen Aspekt-bzw. Län-

Der Querschnitt des Teiles ist beträchtlich höher als

zur Längsachse des Teiles 22, wie es in Fig. 4 gezeigt ist. Daten liegen in einem 40°-Kegel, von den 180°, parallel

zeigt, ist bei 23 in Fig. 3b wiedergegeben. Die fehlenden

mographie-Bildes, aber mit unvollständigen Daten,

tes, der charakteristische Merkmale eines Computerto-

180° vollständige Daten. Ein Bild des gleichen Abschnit-

, f

智力奉命

44

30, 1

17

ķ.

1.76

317

11:0

mus mit Apriori-Information kombiniert, um ein Zwimentellen Daten durch den Bild-Formationsalgorithden Blöcken 13 bis 16 werden die verfügbaren experidern aus unvollständigen NDE-Daten durch Einbringen

Zwei Verlahren zum Verbessern der Qualität von Bil-" Computertomographie-Bilder:

Verarbeitungs-Lösungsweges zum Rekonstruieren von Fig. 9 ein Blockdiagramm der Bildanalyse und des 60

tionstechnik und Apriori-Information gemäß der iterativen Rekonstruk-

Fig. 8 die Stuten beim Errechnen und Benutzen von

rativer bzw. wiederholender Rekonstruktion;

Fig. 7 ein Blockdiagramm des Lösungsweges mit ite-

tionsdaten, die im Vorgenannten erforderlich sind;

Fig. 6 die Stufen zum Berechnen fehlender, Projekund zur Verbesserung der Qualität von NDE-Bildern; jektionsdaten zur Mutzung von Apriori-Information

Fig. 5 ein Blockdiagramm des Herangehens mit Pro-

formation gemäß der Erfindung; und fehlenden Projektionen, errechnet aus Apriori-Ingeleitet von einem Datensatz bei begrenztem Winkel

chung des Teiles und der gemessenen Projektionen, ab-

Fig. 4 eine Röntgen-Computertomographie-Untersu- 45 digen Daten rekonstruiert wurden; 🛴 🏄

eines Triebwerkes, die mit vollständigen und unvollständern eines: vertikalen Querschnittes durch einen Teil

Fig. 3a und 3b charakteristische Merkmale von Bil-Bildformation; 🔅 : ::

mation über einen Gegenstand in das Verfahren, zur zam Einbringen wichtiger und genauerer Apriori-Infor-

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer allgemeinen Technik

kelbereich auszuführen; möglich machen, ein Abtasten über den gesamten Win- 35

Fig. 1 einen Gegenstand mit Vorsprüngen, die es un-

auf die Zeichnung näher erläutert. Im einzelnen zeigt

Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme genügende Bildqualität erhalten wird.

tionsdaten und Projektionsdaten und errechneten fehlenden Projek-

Rekonstruieren eines neuen Bildes aus den gemessenen

lenden Betrachtungswinkeln von dem modifizierten 25 Errechnen der sehlenden Projektionsdaten aus den seh-

ximalwert setzt; als ein vorausgewählter Schwächungswert, auf den Ma-

Null, negative Pixel auf Null und Pixel, die größer sind indem man Pixel außerhalb der Grenze des Teiles auf 20 das Einstellen des Bildes mit dieser Apriori-Information, kalischen Parametern;

les and der Rönigenschwächung aus bekannten physi-Grenzinsormation des Teiles von einem Modell des Teides von gemessenen Daten; das Berechnen der genauen 15 mit Röntgenstrahlen und das Rekonstruieren eines Bil-

Abtasten des verfügbaren begrenzten Winkelbereiches. Das iterative Rekonstruktionsverfahren umfaßt das

Schaffung eines endgültigen Bildes. struierten Teilbildes und des Modell-Differenzbildes zur 10 Kombinieren des von den gemessenen Daten rekonkels repräsentiert und

dells, das einen Rekonstruktionsfehler begrenzten Win-Modells zur Schalfung eines Differenzbildes des Mo-Subtrahieren des vollständigen und des Teilbildes des

jektionsdaten und

Bildes des Modells von den vollständigen Modell-Prowie die gemessenen Daten sowie eines vollständigen dell-Projektionsdaten über den gleichen Winkelbereich

Der Lösungsweg der iterativen Rekonstruktion, darwird direkt errechnet auch mit einem Berührungssensor und anderen zusätzli- 35 eingegeben wird die Pladlänge und die Schwächung auf alle Energien in der Röntgenröhre anwendbar sind; re Berechnung besteht darin, Tabellen zu benutzen, die Koeffizienten ergibt die Projektionsdaten. Eine genaue-Formel gemischt. Multiplizieren der Pfadlänge mit dem-Legierung, und diese werden gemäß einer gegebenen einen Schwächungskoeffizienten für jedes Element der röhre zu benutzen: Veröffentlichte Tabellen enthalten sahren besteht darin, die mittlere Energie der Röntgenteile der Legierung bekannt Ein geeignetes Rechenverwenn es eine Metallegierung ist, dann sind die Bestand-Das Material ist auf der Blaupause angegeben, und ge, dem Material des Teiles und der Röntgenenergie ab. Röntgenschwächung des Teiles hängt von der Pfadlän-Computertomographie-Rekonstruktionsfunktion. (1977). Das Donner-Paket liefert auch die grundlegende rence Berkeley Laboratory, Universität von Kalifornien konstruktionstomographie, R.H. Huseman et al, Lawter Verwendung der Donner-Algorithmen für die Retehlenden Winkelbereich können errechnet werden un-15 zu jedem Detektorelement. Die Pfadlängen im Teil imnenden Pfadlängen geben, vom Brennpunkt der Quelle eine Reihe, dann mag es eine große Zahl von zu errechwerden würden, sind errechnet. Ist der Röntgendetektor und Pladlängen, die von Röntgenstrahlen genommen 10 wird in ein zweidimensionales Pixelbild umgewandelt, Ein Schnitt durch das dreidimensionale teste Modell Röntgenquelle sind in Fig. 6, Blöcke 30 bis 34, gezeigt. kannten physikalischen Parametern des Teiles sowie der Geometrie des Teiles vom sesten Modellierer und bematische Darstellung bestimmt die Genauigkeit des is sehlender Prosektionsdaten unter Verwendung der ausgezeichnete Bildqualität. Die Stufen beim Berechnen tionsalgorithmen. Das fertige Bild des Teiles hat eine tensatz für die Computertomographiebild-Rekonstrukjektionsdaten zusammen liefern einen vollständigen Da-

DE-O2 38 06 110 pezchrieben. Dies ergipt jedoch nur konvexe Außenhülle des Teiles zu bestimmen, wie in der Außengrenze. Eine andere Alternative besteht darin, die nutzt werden, doch gibt dieser nur Information über die Benhülle, vorausgesetzt ein Berührungssensor kann beinneren Grenzen. Alternativ die dreidimensionale Autellweise hohl ist, ebenso genaue Information über die die Außengrenze, und wenn das Teil, wie das in Fig. 3a, 🕆 Der Lösungsweg mit den Projektionsdaten gemäß 60 stem abgeleitet wird, liefert genaue Information über elektronische Modell, das von einem Festmodelliersyformation über die Grenzen des Teiles errechnet. Das wender Ein Modell des Teiles wird geschaften und In-44 werden auf das Bild mit begrenztem Winkel angess 'Arten von Apriori-Informâtion, die Blöcke 38 und 42 bis .. ten Projektionen im Projektionsraum korrigiert. Drei den Gegenstand im Gegenstandsraum und die bekanndaber wiederholf durch eine Apriori-Information über raum durch Projektion hin und her transformiert und sungsweg über die Projektionsdaten, der Lösungsweg 30 durch gefilterte Rückprojektion und dem Projektionskonstruierte Bild zwischen dem Gegenstandsraum rithmus benutzt. Bei diesem Lösungsweg wird das redie gehilterte Rückprojektion oder einen anderen Algofügbaren, Projektionsdaten rekonstruiert, wobei man 45 Fig. 7 wird ein reales Teilbild eines Teiles von den verwerden gesammelt. Gemäß den Blöcken 35 bis 37 in kejpereich ausgeführt und gemessene Projektionsdaten des Teiles wird über den verfügbaren begrenzten Win-Apriori-Information benutzt: Eine Röntgenabtastung elektronischen Modell differiert. Ist das Teil relativ, ein- 40, Medez veröffentlicht ist, aber eine deutlich verbesserte das in dem oben genannten Artikel von Tam und Perezgestellt in den Fig. 7 und 8, beruht auf einem Verfahren,

> chende Genauigkeit für das tatsächliche Herstellen ha- 25 me können benutzt werden, doch sollten sie eine ausrei-Bezug genommen werden. Andere Festmodelliersyste-New York 12301. Es kann auch auf die US-PS 46 18 924 Research and Development, Postfach 8, Schenectady, und J.R. Hinds (1985), General Electric Co., Corporate 20 Unified Cubic Engine — User's Guide", R.T. Farouki schrieben in 'TRUCE - The Tridimensional Rational der feste Modellierer TRUCE von General Electric, behältlich ist. Das bevorzugte feste Modelliersystem ist Zerstören des Gegenstandes normalerweise nicht erunter bestimmten Bedingungen, Information, die ohne mation zu liefern über das Aussehen des Gegenstandes, Modell kann gedreht und geschnitten werden, um Inforven und Punkten geschaften werden. Ein genaues festes chen geschaffen werden können, die wiederum aus Kurschaffen werden, während feste Modelle aus Oberflänen durch Punkte und diese verbindende Bögen gedelle, die für diese Anwendung unannehmbar sind, kön-Modelles des Gegenstandes: Einfache Drahtrahmenmo-Computergebrauch praktisch ist. Die spezilische mathe-Teiles, die in einem Format gespeichert wird, das zum eine mathematische Darstellung der Geometrie eines teiles verfügbar ist. Ein elektronisches Modell ist einfach

Teiles, das der abgebildete Parameter bei der Röntgenchung wirksam das Röntgenabsorptionsvermögen des z.B. die Röntgenphysik und -geometrie der Unterzu-Physik des Untersuchungsverfahrens. So bestimmen Eine andere Quelle für Apriori-Information ist die

ben. Das Festmodell liefert genaue Information über die

inneren Teilgrenzen sowie die äußeren Grenzen.

Computertomographie ist,

Quelle für die zusätzliche Apriori-Information über die sensor abgetastet werden, dann mag dieser die einzige tach und kann es vollständig durch einen Berührungs-Information darüber, wie weit ein hergestelltes Teil vom Information über den Ort des Teiles sowie zusätzliche suchung des Teiles anfallen. Ein solcher Sensor liefert chen Sensoranzeigen erhalten, die während der Unter-Information über die Geometrie des Teiles kann man

außere Begrenzung des Teiles sein.

putertomographie-Bildes zu verbessern. tastbereich kombiniert sind, um die Qualität des Com-Betrachtungswinkeln über den nicht verfügbaren Abtehlenden Projektionen 25 aus dem Modell an fehlenden über den begrenzten Winkelbereich mit synthetisierten Projektionen 24 an verfügbaren Beirachtungswinkeln zept ist in Fig. 4 veranschaulicht, wo'die gemessenen über die Bildanalyse und -verarbeitung. Das Grundkonuder die iterative Kekonstruktion und der Lösungsweg. Einbeziehen von Apriori-Information diskutiert, der Lölität zu verbessern. Es werden drei Lösungswege zum begrenztem Winkel entwickelt worden, um die Bildqua-Modellinformation in Computertomographie-Bilder mit Es sind verschiedene Techniken zum Einbeziehen von

Winkelbereich. Die gemessenen und errechneten Propereich und errechneten Projektionsdaten im fehlenden gemessenen Projektionsdaten im verfügbaren Winkel-Rekonstruieren des Computertomographie-Bildes aus sten Modell über den sehlenden Winkelbereich und das reich, das Errechnen von Projektionsdaten aus dem fener Projektionsdaten über den verfügbaren Winkelbe-Fig. 5, Blocke 26 bis 29, umfaßt das Erwerben gemesse-

wird dann bei 53 mit dem Teilbild kombiniert oder sum-

5 Stufe andere Bildverarbeitungen ausgeführt werden. Teiles zu erhalten. Wie bei 55 gezeigt, können in dieser iert ist, um das beste Computertomographie-Bild'54 des miert, das aus gemessenen Projektionsdaten rekonstru-

Verfahren ausgewählt wird, hängt von der Art von Fehhen genauerer Apriori-Information diskutiert. Welches bessern der Qualität von NDE-Bildern durch Einbezie-Es wurden drei Techniken und Verfahren zum Ver-

10 lerinformation ab, die gesucht wird.

untersuchbar sind. suchbar waren, nun'unter Anwendung dieser Verlahren früher mit den üblichen NDE-Techniken nicht unterakte beseitigt. Es wurde festgestellt, daß einige Teile, die über die Projektionsdaten ist am besten, weil er Artelmit nur 5 bis 10% Unterschied, und der Lösungsweg Ein Mikrolunker ist andererseits nahe dem Hintergrund nen starken Kontrast mit dem Ausgangsmaterial gibt. siv, am besten, um Hohlraume festzustellen, weil es eitive Rekonstruktion ist obwohl computermälig inten-Der Lösungsweg bzw. das Herangehen über die itera-

dungstechnik benutzt werden, einschließlich der Rönt-Die Erfindung kann bei nahezu jeder NDE-Abbil-

den können, wird augenscheinlich sein. Das Verfahren Grund, warum vollständige Daten nicht gemessen wervollständige Daten gesammelt werden können. Der ten kann es einen Grund dafür geben, warum nur unnicht beschränkt. Bei jedem dieser Abbildungsmodalitävisuellen Untersuchung und anderen, doch ist sie darauf stung usw.), der Wirbelstromuniersuchung, der IR- und gen-Computertomographie, der Digital-Radiographie,

der Ultraschalluntersuchung (B-Abtastung, C-Abta-

fügbaren Abtasthereich abgetastet, und es werden gestrahlen, Ultraschall, IR-Strahlung usw.) über den ver-Ein Teil wird mit einem Abbildungsmittel (Röntgenformation wird folgendermaßen zusammengefaßt: des MDE-Abbildens durch Einbeziehen von Apriori-In-

CT Imaging", Review of Progress in Quantitative Non-Use of a Priori Information in Incomplete Data X-ray von den Erfindern in ihrer technischen Veröffentlichung dung eines CAD-Modells des Betätigungsringes werden Information and Simulationsergebnisse unter Verwengemessenen und errechneten Daten gebildet Weitere Dann wird ein Bild des Teiles aus den kombinierten einer Einschränkung nicht abgetastet werden kann. verfügbaren Abtastbereich zu bestimmen, der aufgrund rechnete Abbildungsparameter-Daten über einen nicht physikalische Eigenschaften werden kombiniert, um erformation über die Geometrie des Teiles und dessen sowie die Abbildungsmittelquelle sind bekannt. Die Inphysikalische Parameter und Eigenschaften des Teilesvante Geometrie des Teiles errechnet. Ausgewählte nem dreidimenzionalen Modell des Teiles wird die relemessene Abbildungsparameter-Daten erzeugt. Von ei-

一一般 好好的你不明明明

destructive Evaluation, Band 7, Seiten, 723 - 730.

1. Verfahren zum Abbilden bei der zerstörungsfrei-Patentansprüche

Information, umfassend: en Untersuchung durch Einbeziehen von Apriori-

Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel

Teiles sowie Lieferung ausgewählter physikalischer les und Errechnen der relevanten Geometrie des Schaffen eines dreidimensionalen Modells des Teigen gemessener Abbildungsparameter-Daten; über einen verfügbaren Abtastbereich und Erzeu-

Eigenschaften des Teiles und einer Abbildungsmit-

Rekonstruktionsfehler bei begrenztem Winkel darstellt, realen Teilbilder konstruiert. Das Differenzbild, das den tion and Normalisierung der vollständigen Modell- und Ein Modell-Differenzbild, Block 52, wird durch Subtrak- 65 jektionsdaten über den Eingabebereich Arekonstruiert. Modellbild 51 wird aus den vollständigen Modell-Prorekonstruiert. Ein vollständiges Computertomographie-. Minkelbereich wie die gemessenen Projektionsdaten aus den Modell-Projektionsdaten über den gleichen 60 reales Computertomographie-Teilbild Modell 50 wird mit dem Schwächungskoessizienten multipliziert. Ein der Röntgenquelle errechnet, und die Pfadlänge wird pekannten physikalischen Parametern des Teiles und errechnet. Schwächungskoeifizienten werden aus den fehlenden Betrachtungswinkel über den Bereich $\Pi - \Theta$ trachtungswinkeln über den Bereich 🔗 als auch die, durch das Teil werden sowohl in den verfügbaren Besches Modell des Teiles geschaffen, und Pfadlängen In der gleichen Weise wie vorher wird ein elektroni- 30 trachtungswinkeln werden errechnet, Blöcke 48 und 49. jektionsdaten bei einem vollständigen Satz von Beden verfügbaren. Meßdaten rekonstruiert. Modell-Projektion an, dann wird ein reales Teilbild des Teiles aus Rekonstruktionsalgorithmus der gefilterten Rückproren Betrachtungswinkeln gesammelt. Wendet man den gemessenen Projektionsdaten werden in den verfügba-Winkelbereich O, Blocke 45-47, abgetastet und die Das Teil wird mit Röntgenstrahlen über den begrenzten eine Abtastung über 180° vollständige Daten liefert. 40 Das Diagramm ist für parallele Strahldaten, bei denen beim Lösungsweg mit Projektionsdaten zu gestatten. einen leichten Zugang zu Daten an anderen Punkten als renden Bildes indirekt bzw. rechnerunabhangig sowie hat aber den Vorteil, das Verarbeiten des fehlerkorrigie-Fig. 9, steht in Beziehung zum Projektions-Lösungsweg,

Das Verfahren zur Bildverarbeitung und-analyse, gültige Bild 41 auszugeben. erforderlich ist oder ob die Qualität ausreicht, das endgenztest, Block 40, bestimmt, ob eine weitere Iteration struktionen konvergieren und ein geeigneter Konverchende Bildqualität erhalten ist. Die iterativen Rekonbesserten Bildern 37 wird rekonstruiert, bis eine ausreiderholt bzw. iteriert. Eine Reihe von fortschreitend ver-Das vorgenannte Verlahren wird, wie erforderlich, wie- 25 graphie-Bild im fehlenden Winkelbereich ein neues Bild. Projektionsdaten vom modifizierten Computertomoim verfügbaren Winkelbereich und den errechneten konstruiert man aus den gemessenen Projektionsdaten dem erhaltenen modifizierten Bild errechnet. Dann re- 20 Berhalb des begrenzten Winkelbereiches, werden aus sehlenden Projektionsdaten, Block 39, in Winkeln au-Schwächung oder das Doppelte dieses Wertes sein. Die Maximalwert. Das Maximum kann z.B. die errechnete ein ausgewählter maximaler Schwächungswert, auf den 15 gesetzt. Als drittes setzt man Pixel, die größer sind als bekannt. Als zweites werden negative Pixel auf Mull. ren Grenzen beide zu einem hohen Genauigkeitsgrad schen Modell erhalten wird, sind die äußeren und innetion über die Grenze des Teiles von einem elektronider Grenze des Teiles auf Null setzt. Wo die Informa-

Pixelwerte im realen Computertomographie-Teilbild beiden Parameter multipliziert. und die Röntgenquellenenergie berechnet und diese chungskoeffizienten bei bekanntem Material des Teiles indem man die Pladlange durch das Teil, den Schwädurch das Teil wird wie bereits beschrieben errechnet, Information über die Außengrenze. Die Schwächung

37 werden eingestellt, indem man zuerst Pixel auberhalb

Rekonstruieren eines Bildes des. Teiles aus den ge-

zweidimensionales Pixelbild umfaßt, von dem aus trie des Teiles von dem Festmodellgeber in ein eine Zwischenstufe des Umwandelns der Geomenen der Pladiängen durch das elektronische Modell

als ein vorausgewählter Maximal-Schwächungs-

Null, negative Pixel auf Null und Pixel, die größer

dem man Pixel außerhalb der Grenze des Teiles auf

Einstellen des Bildes mit Apriori-Information, in-

kalischer Parameter des Teiles und der Abbildungs-

durch das Teil unter Verwendung bekannter physi-Berechnen der Schwächung des Abbildungsmittels

von Information über die Begrenzung des Teiles;

Schaffen eines Modells des Teiles und Berechnen

Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den ge-

gen gemessener Projektionsdaten an verfügbaren

über einen begrenzten Winkelbereich und Erzeu-

Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel

en Untersuchen unter Verwendung verbesserter

zweidimensionales Pixelbild umfaßt, von dem aus

trie des Teiles von einem Festmodellgeber in ein

eine Zwischenstuse des Umwandelns der Geome-

12. Verfahren nach Anspruch 11, worin das Berech-

renzbildes, um ein endgültiges Bild des Teiles zu nen Daten rekonstruiert ist und des Modell-Diffe-

Kombinieren des Teilbildes, das aus den gemesse-

struktionsfehler bei begrenztem Winkel darstellt

eines Modell-Differenzbildes, das einen Rekon-

vollständigen Modell- und Teilbildes, zur Schaffung

gen Modell-Projektionsdaten und Subtrahieren des

nes vollständigen Modellbildes aus den vollständikelbereich wie bei den gemessenen Daten und ei-

Modell-Projektionsdaten über den gleichen Win-

Rekonstruieren eines Modell-Teilbildes aus den

Modell-Projektionsdaten bei einem vollständigen

metern des Teiles und der Röntgenquelle und den

Schwächung aus bekannten physikalischen Para-

auch den sehlenden Betrachtungswinkeln, der

durch das Modell sowohl bei den verfügbaren als

Festmodellgeber und Berechnen der Pfadlänge

das abgeleitet ist aus einem dreidimensionalen

Schassen eines elektronischen Modells des Teiles,

Rekonstruieren eines Teilbildes des Teiles aus den

messener Projektionsdaten bei verfügbaren Be-

nen begrenzten Winkelbereich und Erzeugen ge-

Abtasten eines Teiles mit Röntgenstrahlen über ei-

en Untersuchen unter Verwendung verbesserter

11. Verfahren zum Abbilden beim zerstörungsfrei-

Satz von Betrachtungswinkeln;

gemessenen Projektionsdaten;

Apriori-Information, umfassend

trachtungswinkeln;

nen der Pfadlängen durch das elektronische Modell

.13. Verfahren zum Abbilden beim zerstörungsfrei-

wittelquelle;

messenen Projektionsdaten;

Apriori-Information, umfassend:

die Pfadlängen berechnet werden.

Betrachtungswinkeln;

10. Verfahren nach Anspruch 9, worin das Berech-

die Pfadlängen errechnet werden.

men ergeben. Computertomographie-Rekonstruktionsalgorithzusammen einen vollständigen Datensatz für die messenen und errechneten Projektionsdaten, die

gen und der Schwächung undr

ner Beschränkung nicht abgetastet werden kann nicht zugänglichen Abtastbereich, der aufgrund eirechneter Abbildungsparameter-Daten über einen physikalischen Eigenschalten und Bestimmen be-Kombinieren der Geometrie des Teiles und der

Formen eines Bildes des genannten Teiles aus den

2. Verfahren nach Anspruch I, worin das Abbil- 10 gemessenen und errechneten Daten.

dungsmittel Röntgenstrahlen sind.

3. Verfahren nach Anspruch I, worin das Modell ein

nem sesten Modelliersystem. elektronisches Modell ist, das abgeleitet ist von ei-

aus den genannten physikalischen Eigenschaften Berechnen der Schwächung des Abbildungsmittels dungsmittel-Pfadlängen durch das Modell und das nieren und Bestimmen das Berechnen von Abbil-4. Verfahren nach Anspruch 3, worin das Kombi- 15

en Untersuchung unter Verwendung verbesserter 5. Verfahren zum Abbilden bei der zerstörungsfrei-

Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel Apriori-Information, umfassend:

Betrachtungswinkeln; gen gemessener Projektionsdaten in verfügbaren über einen begrenzten Winkelbereich und Erzeu- 25

abgeleitet ist, Berechnen der Abbildungsmittel- 30 das aus einem dreidimensionalen Festmodellgeber Schaffen eines elektronischen Modells des Teiles,

Betrachtungswinkeln; Pfadlängen durch das Modell bei den sehlenden

qurch das Teil aus bekannten physikalischen Para-Berechnen der Schwächung des Abbildungsmittels

tehlenden Betrachtungswinkeln aus den Pfadlän-Bestimmen berechneter Projektionsdaten an den inetern;

messenen und berechneten Projektionsdaten. Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den gegen und der Schwächung und

dungsmittel Röntgenstrahlen sind. 6. Verfahren nach Anspruch 5, worin das Abbil-

Röntgenquellenenergie sind. schen Parameter die Materialien des Teiles und die 7. Verfahren nach Anspruch 6, worin die physikali-

sionales Bild umfaßt von dem die Pfadlängen aus 50 aus dem elektronischen Modell in ein zweidimenstufe des Umwandelns der Geometrie des Teiles nen der Pfadlänge durch das Modell eine Zwischen-8. Verlahren nach Anspruch 5, worin das Berech-

9. Verfahren zum Abbilden bei einem zerstörungserrechnet werden.

ter Apriori-Information, umfassend: freien Untersuchen unter Verwendung verbesser-

nen begrenzten Winkelbereich und Erzeugen ge-Abtasten eines Teiles mit Röntgenstrahlen über ei- 55

Schaffen eines elektronischen Modelles des Teiles, trachtungswinkeln; messener Projektionsdaten in verfügbaren Be-

Pfadlängen durch das elektronische Modell an fehabgeleitet ist und Berechnen der Röntgenstrahldas von einem dreidimensionalen Festmodellgeber 60

Berechnen der Schwächung aus bekannten physilenden Betrachtungswinkeln;

Bestimmen berechneter Projektionsdaten an den !əjjənbuəß kalischen Parametern des Teiles und einer Rönt- 65

fehlenden Betrachtungswinkeln aus den Pladlän-

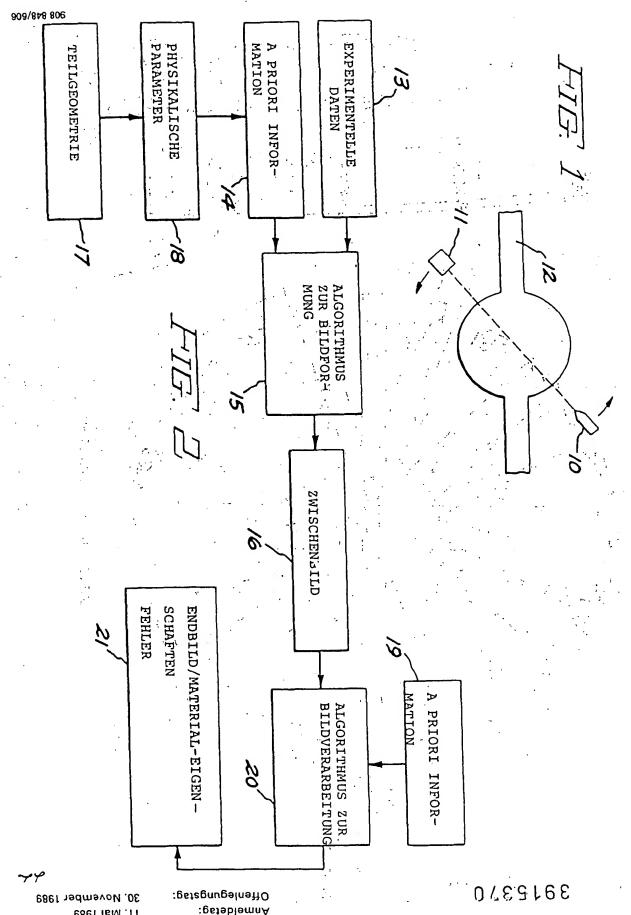
6

The second secon

 $\begin{aligned} & \mathcal{L}(x) = \{ \{ x \in \mathcal{X} \mid x \in \mathcal{X} \text{ then } | x \in \mathcal{X} \text{ i.e. } \{ x \in \mathcal{X} \text{ i.e. } x \in \mathcal{X} \} \\ & \mathcal{H}(x) \in \mathcal{X} \text{ i.e. } \{ x \in \mathcal{X} \text{ then } \{ x \in \mathcal{X} \text{ i.e. } x \in \mathcal{X} \} \} \end{aligned}$

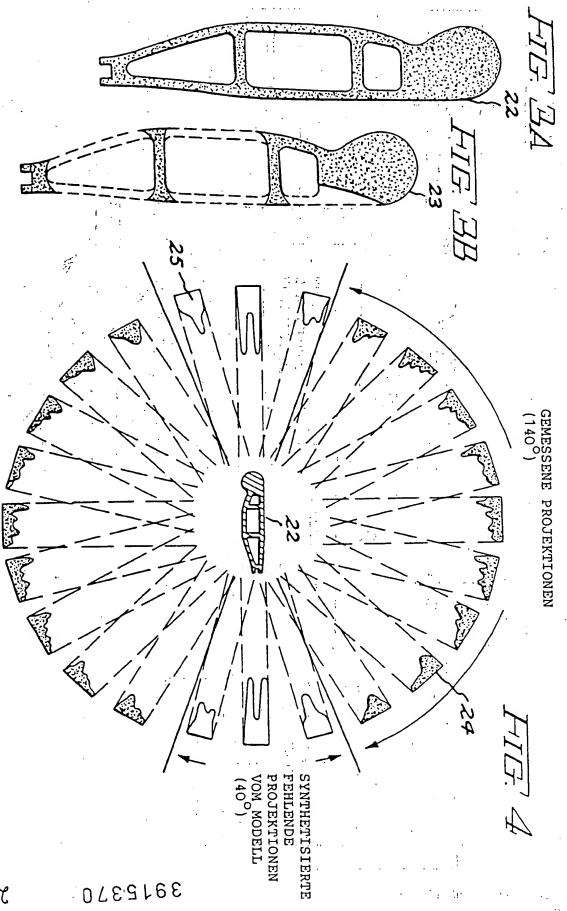
1. The second of dreidimensionalen Festmodellgeber. ein elektronisches Modell ist, abgeleitet von einem dungsmittel Röntgenstrahlen sind. 15. Verfahren nach Anspruch 13, worin das Modell 14. Verfahren nach Anspruch 13, worin das Abbiltät erhalten wird. tend verbesserter Bilder, bis eine genügende Qualiiteratives Rekonstruieren einer Reihe fortschrei-Projektionsdaten und senen Projektionsdaten und berechneten fehlenden Rekonstruieren eines neuen Bildes aus den gemes- 5 pegrenzten Winkelbereiches; nem modifizierten Bild bei Winkeln außerhalb des Berechnen der sehlenden Projektionsdaten von eiwert sind, auf den Maximalwert setzt; :

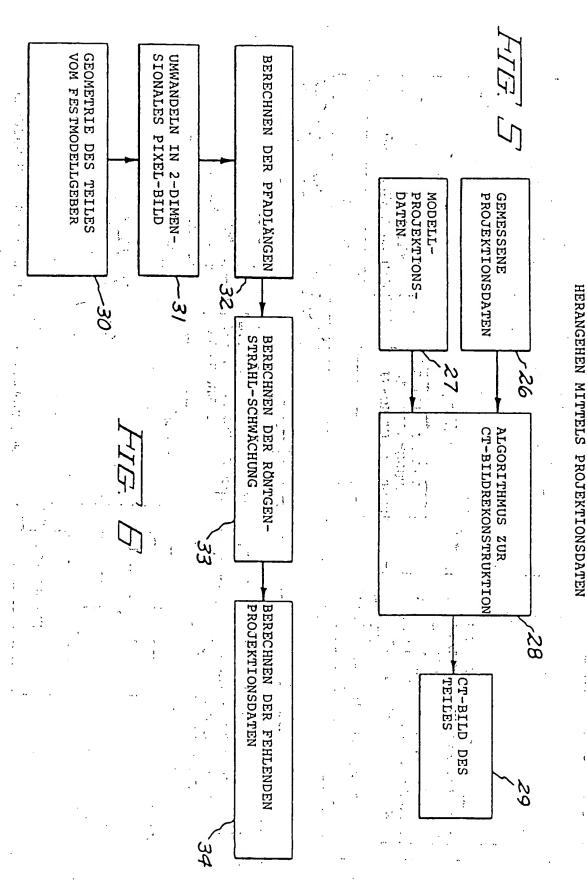
The second section of the section of the



11. Mai 1989

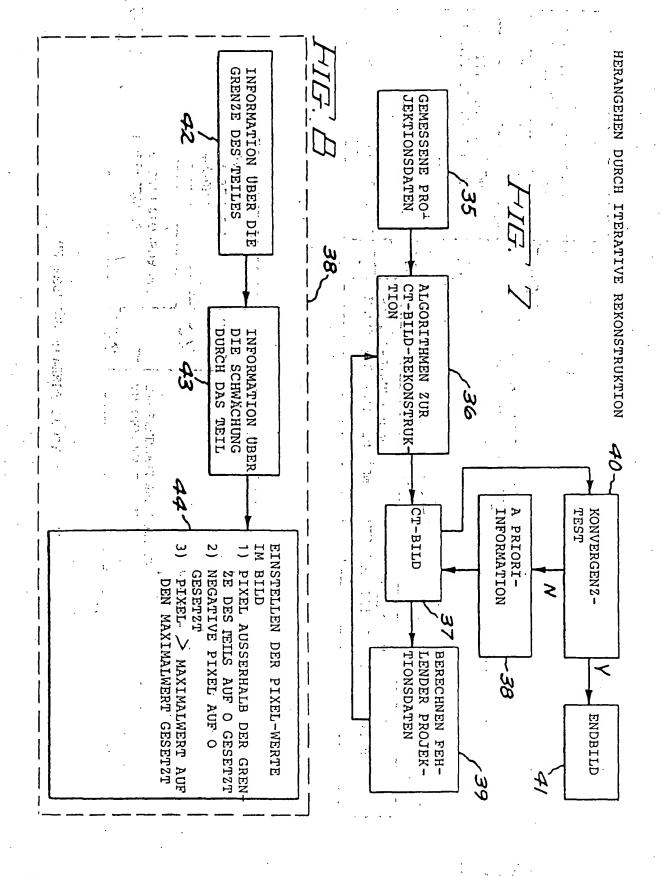
C 06 F 15/62 07E 21 EE Anmeldetag: Int. Cl.4; :រeimmiiM





3818370

hr



THE BUILDINGS TO LOSS

endtem gale

38126 N

